

5

Optimierung der Ausleuchtung eines Projektionsapparates

1.0

Die Erfindung betrifft die Optimierung der Ausleuchtung des Bildgebers bei Projektionsapparaten. Projektionsapparate dienen zum Projizieren eines Bildes auf einen Projektionsschirm. Die Erfindung richtet sich auf Projektionsapparate, die einen Bildgeber zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit mit einer Kondensoroptik und/oder einen (vorzugsweise fokussierenden) Lampenreflektor (z.B. in elliptischer oder komplexerer Form) zum Beleuchten des Bildgebers und eine ein Projektionsobjektiv umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm umfassen. Derartige Projektionsapparate umfassen auch eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung. In der Regel ist der Bildgeber und/oder die Projektionseinrichtung zum Einstellen der Lage des projizierten Bildes auf dem Projektionsschirm in einer mit Justageelementen einstellbaren Position in oder an dem Projektionsapparat befestigt.

Man unterscheidet zwischen Auflicht- und Rückprojektionsapparaten. Ein Unterschied zwischen Auflichtprojektoren und Rückprojektionssystemen besteht darin, daß in Rück-

projektionsapparaten zumeist weitere optische Elemente wie Umlenkspiegel und Projektionsschirme enthalten sind, die in Auflichtprojektoren nicht verwendet werden.

- 5 Sowohl Auflicht- als auch Rückprojektionsapparate dienen zum Anzeigen eines Bildes auf einem großflächigen Projektionsschirm. Der Bildgeber kann dabei ein Durchlicht-Bildgeber sein, also ein Bildgeber, der transmissiv von einer Beleuchtungseinheit zum Beleuchten des Bildgebers 10 durchleuchtet wird, oder ein reflektierender Bildgeber, der von der Beleuchtungseinheit beleuchtet wird. Nach dem Stand der Technik werden beispielsweise Durchlicht-Flüssigkristall-Bildgeber oder auch reflektive Polysilicium- oder Flüssigkristall-Bildgeber oder DMDs (Trademark of 15 Texas Instruments Inc., Digital-Micromirror-Device) verwendet.

Eine Beleuchtungseinheit zum Beleuchten des Bildgebers bzw. Durchleuchten des Durchlicht-Bildgebers umfaßt in 20 der Regel eine Lichtquelle, einen Reflektor und eine Kondensoroptik mit einer oder mehreren Kondensorlinsen zum Ausleuchten des Bildgebers. Ferner können zusätzlich Lichtdurchmischungseinrichtungen und weitere abbildende optische Elemente, beispielsweise zum optimalen Ausleuchten eines rechteckigen Bildformates, vorgesehen sein. Auch kann auf die Kondensoroptik bei Verwendung eines fokussierenden, z.B. elliptischen Lampenreflektors verzichtet werden. Die Projektionseinrichtung bzw. die Beleuchtungseinheit ist entweder in den Projektionsapparat integriert oder an diesem angesetzt. Ein Projektionsapparat ist somit eine abgeschlossene, vollständige Einheit zum Darstellen eines Bildes, wobei in einem Rückprojektionsapparat ein Bildschirm zum Betrachten des Bildes integriert ist.

- Insbesondere Rückprojektionsmodule finden eine breite Anwendung in Fällen, in denen ein komplexes Bild, beispielsweise bestehend aus verschiedenen Video- oder Computerbildern, großflächig angezeigt werden soll. Verbreitete Einsatzbereiche für solche Rückprojektionsapparate sind Bildwände, die von mehreren Personen gleichzeitig betrachtet werden. Insbesondere in der modernen Leitwertentechnik ist die Großbildrückprojektion verbreitet.
- Wenn das angezeigte Bild bei gegebenen Qualitätsanforderungen eine bestimmte Größe und Komplexität überschreiten soll, ist dies nicht mehr mit einem einzigen Rückprojektionsmodul möglich. In solchen Fällen wird das Bild aus Teilbildern, die jeweils von einem Rückprojektionsmodul angezeigt werden, zusammengesetzt. Das jeweils von einem Rückprojektionsmodul angezeigte Bild ist in diesem Fall ein Teilbild des von allen Rückprojektionsmodulen zusammen angezeigten Gesamtbildes der Bildwand.
- Nach dem Stand der Technik ist es möglich, eine große Anzahl von Rückprojektionsmodulen in einem modularen Aufbau einer Projektionsbildwand aneinanderzureihen und/oder übereinander zu stapeln, um ein aus vielen einzelnen Teilbildern zusammengesetztes Großbild darzustellen. Die Anzahl der Rückprojektionsmodule, die zu einer Projektionsbildwand zusammengesetzt werden, beträgt bis zu 150 oder mehr.
- Weitere Einzelheiten zu Rückprojektionsmodulen sind dem Dokument EP 0 756 720 B1 zu entnehmen, auf das hiermit Bezug genommen wird.
- An Projektionsgeräte, insbesondere an modular aus mehreren Projektionsgeräten aufgebaute Bildwände, werden in

vielen Fällen hohe Anforderungen gestellt. Folgende Probleme sind dabei zu bewältigen.

Ein besonderes Problem besteht dabei in der Erzielung und
5 Einhaltung einer bestimmten und gleichmäßigen Helligkeit
des Bildes bzw. der Bilder. Die in den unterschiedlichen
Projektionsapparaten verwendeten Lampen, bei denen es
sich in vielen Fällen um Hochleistungslampen handelt,
haben eine unterschiedliche Grundhelligkeit und eine
10 unterschiedliche Lage des Lichtbogens. Beide Größen
ändern sich zudem über die Lebensdauer der Lampen in
einem für die jeweilige Lampe individuellen Alterungs-
prozeß. Dies erfordert einen wiederholten aufwendigen
Abgleich der einzelnen Projektionsgeräte, um - bei maxi-
15 mal möglicher Lichtausbeute - eine homogene Ausleuchtung
des projizierten Bildes und damit eine einheitliche Dar-
stellung auf einer Bildwand zu erzielen.

Insbesondere bei Projektionsapparaten, die ein Teilbild
20 eines Gesamtbildes projizieren, muß die Lage des von dem
Bildgeber erzeugten und mittels des Projektionsobjektivs
projizierten Bildes auf dem feststehenden Projektions-
schirm sehr genau justiert werden, damit das sich über
mehrere Teilbilder erstreckende Gesamtbild möglichst ver-
25 zeichnisfrei, nahtlos und stegfrei erscheint. Hierzu wird
nach dem Stand der Technik der Projektionsapparat mit
einem hochstabilen und in sich steifen Gerüst aufgebaut,
in das oder an dem ein ebenfalls mechanisch steifes Bil-
derzeugungsmodul ein- bzw. angesetzt wird, das die
30 Beleuchtungseinheit und die Projektionseinrichtung
umfaßt. Dabei werden Justageelemente vorgesehen, mittels
denen die Lage des Bilderzeugungsmoduls zum Einstellen
der Lage des projizierten Bildes relativ zu dem Gerüst
einstellbar ist.

- Zur Erfüllung der erforderlichen hohen Präzision werden nach dem Stand der Technik aufwendige und massive mechanische Komponenten eingesetzt, um mechanisch stabile Komponenten zu schaffen und diese präzise justieren zu können.
- 5 Es werden beispielsweise vielachsige Justageeinrichtungen oder Justagetische, beispielsweise optische Kreuztische, oder komplexe Einstellvorrichtungen wie z.B. gemäß dem Dokument DE 198 24 917 A1 vorgeschlagen.
- 10 Die bisher in der Praxis verwendeten Justageeinrichtungen haben ferner den Nachteil, daß das Einstellen der Lage des projizierten Bildes mit ihnen äußerst mühsam und langwierig ist, da beim Verstellen eines Justageelementes auch Bildlageveränderungen auftreten, die auch mit anderen Justageelementen erzielt werden können. Die einzelnen Justageelemente einer Justageeinrichtung sind also untereinander nicht rückwirkungsfrei, sondern beim Verstellen eines Justageelementes ist es erforderlich, einzelne oder mehrere andere Justageelemente ebenfalls nachzusteuern.
- 15
- 20 In der Praxis bedeutet dies, daß in einem langwierigen Iterationsvorgang, der Stunden andauern kann, die Justageelemente wiederholt verstellt werden müssen, um die gewünschte Bildlage zu erreichen. Dies ist nicht nur bei der Erstjustage eine Projektionsapparates sehr aufwendig,
- 25 sondern auch einem eventuellen Transport oder einer Wartungs- oder Reparaturmaßnahme.
- Je kleiner der Bildgeber wird, desto kleiner könnte prinzipiell der Projektionsapparat aufgrund der Skalierungs-
- 30 gesetze optischer Aufbauten realisiert werden. Eine Verkleinerung des Projektionsapparates würde schließlich eine Vereinfachung der Justagemechanik und des Justageaufwandes ermöglichen. Nach dem derzeitigen Entwicklungstrend werden die Bildgeber immer kleiner, und es ist anzunehmen, daß die Entwicklung in dieser Richtung wei-

tergeht. Diesem Trend steht gegenüber, daß die in Projektionseinrichtungen verwendeten Hochleistungslampen, bei denen es sich zumeist um Entladungslampen handelt, diesem Trend aber nicht folgen können; insbesondere wegen ihrer 5 hohen Betriebstemperatur können sie nicht wesentlich weiter verkleinert werden, ohne daß dabei die angestrebte Lebensdauer verloren geht.

Aus diesem Grund wird auch bei fortschreitender Miniaturisierung der Bildgeber bzw. der einen Bildgeber enthaltenden Projektionseinrichtung die Größe der zugehörigen Beleuchtungseinheit kaum abnehmen, so daß der hohe 10 mechanische Aufwand der Justage des Projektionsapparates erhalten bleibt.

15 Zur Lösung dieser hohen technischen Anforderungen werden nach dem Stand der Technik verschiedene, aufwendige Methoden eingesetzt, die jedoch die genannten Probleme nicht vollständig lösen:

- 20 - Zum Erreichen einer optimalen Ausleuchtung des Bildgebers werden die Lampen in hohem Maße selektiert, um minimale, nicht weiter unterschreitbare Fertigungstoleranzen zu überwinden. Dies ist aufwendig und mit hohen Kosten verbunden.
- 25 - Während der Installation eines Projektionsapparates bzw. einer Bildwand und/oder in festen Serviceintervallen wird ein Helligkeits- und Homogenitätsabgleich durchgeführt. Dabei wird die Helligkeitsverteilung auf dem Bildschirm vermessen. Dies ist aufwendig und kostenintensiv, erfordert geschultes Personal und bedingt eine Unterbrechung des laufenden Betriebes. 30 Zwischen den Serviceintervallen kann sich die Bildqualität verschlechtern.

- Die Berücksichtigung der auf Erfahrungswerten beruhenden mittleren Änderung des Lichtstromes während der Betriebsdauer. Die Abweichung einzelner Lampen von einer mittleren zeitabhängigen Lichtstromänderung sind 5 jedoch so groß, daß sie ohne individuelle Korrektur zu sichtbaren Bildartefakten führen.
- Eine Bestimmung des Lichtstromes durch eine Messung der Lampenleistung mittels elektrischer Messung von Lampenstrom und Lampenspannung. Aber nur ein kleiner 10 Teil der verfügbaren Lampentreiber erlaubt eine derartige elektrische Messung. Darüber hinaus ist aufgrund der Änderung der Größe und Lage des Entladungsbogens die vom Projektor emittierte Lichtleistung nur in erster Näherung mit der Gesamtlichtleistung der Lampe 15 korreliert. Der den Lichtbogen charakterisierende Abbrand der Lampenelektroden ist von Lampe zu Lampe derart unterschiedlich, daß die Annahme eines mittleren Abbrandes wenig sinnvoll ist.
- Eine manuelle Eingabe einer zu berücksichtigenden 20 zeitabhängigen Lichtstrom- und Homogenitätsänderung durch die Benutzer. Dies erfordert jedoch eine entsprechende Schulung des Benutzers und die Aufschaltung spezieller Bildinhalte, wodurch der Dauerbetrieb gestört wird.
- Eine elektronische Kompensation durch Modifikation des Bildinhaltes. Damit geht aber eine nachteilige Verminderung des Kontrastes einher, und zudem ist keine Kompensation von Helligkeitsunterschieden bei dunklen Bildinhalten möglich. 25
- Die Wartung von Projektionsapparaten erfordert häufig, sie aus ihrem Einbauort oder Teile der Beleuchtungseinheit aus dem Projektionsapparat zu entnehmen. Dies hat, wie oben erläutert wurde, eine aufwendige Neustage bei der Inbetriebnahme zur Folge. 30

- Bei Bildwänden erfolgt der Helligkeitsabgleich nach dem lichtschwächensten Projektionsapparat. Da die Helligkeit der einzelnen Projektionsapparate aufgrund der Lampentoleranzen bzgl. Gesamtlichtstrom und Entladungsbogenlampe stark schwankt, ergeben sich so große Helligkeitsunterschiede zwischen dem hellsten und dunkelsten Element einer Bildwand. Der Abgleich führt also zwangsläufig zu einer geringen Gesamtlichtausbeute.

10

Aus dem Dokument DE 198 19 245 C1 ist ein Videoprojektor bekannt, bei dem zwischen der Lichtquelle und dem Bildgeber zwei Umlenkspiegel und zwischen den Umlenkspiegel eine stabförmige Lichtmischeinrichtung angeordnet sind. 15 Der Umlenkspiegel auf der Lichteintrittseite des Lichtmischstabes ist feststehend. Zum Justieren der Auskoppelung des aus dem Lichtmischstab austretenden Lichtes ist der auf der Lichtaustrittsseite des Lichtmischstabes angeordnete Umlenkspiegel mit Justierelementen einstellbar. 20 Die Justierelemente umfassen Schrauben, die zum Justieren gelockert werden. Die Justage erfolgt durch Drehen des Umlenkspiegels und durch ein Verschieben des Umlenkspiegels zu dem Bildgeber hin oder von diesem weg. Diese Justage dient ausschließlich der geometrischen Ausrichtung des Abbildes der Austrittsfläche des Lichtmischstabes auf dem Bildgeber. Eine Einstellung oder Optimierung des von der Lichtquelle emittierten Lichtes auf die Eintrittsfläche des Lichtmischstabes, insbesondere durch eine Einstellung von Winkeln des Strahlengangs, ist mit 25 30 der bekannten Vorrichtung nicht möglich.

Der Erfindung liegt unter Berücksichtigung dieses Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, eine zufriedenstellenden Ausleuchtung des Bildgebers bei oben genannten Projektionsapparaten zu ermöglichen. Diese Aufgabe wird 35

erfindungsgemäß durch einen Projektionsapparat mit den Merkmalen des beigefügten unabhängigen Vorrichtungsanspruch bzw. durch ein Verfahren mit den Merkmalen des beigefügten unabhängigen Verfahrensanspruch gelöst.

- 5 Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung mit zugehörigen Zeichnungen.

Ein erfindungsgemäßer Projektionsapparat zum Projizieren
10 eines Bildes auf einen Projektionsschirm umfaßt also einen Bildgeber zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit mit einer Lampe und einer Kondensoroptik und/oder einem Lampenreflektor, vorzugsweise einem fokussierenden Lampenreflektor, zum
15 Beleuchten des Bildgebers, eine ein Projektionsobjektiv umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm und eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der
20 Helligkeitsverteilung, und er weist erfindungsgemäß die Besonderheit auf, daß er einen im Beleuchtungspfad des Bildgebers angeordneten einstellbaren Justageumlenkspiegel zum Einstellen der Ausleuchtung des Bildgebers umfaßt, dessen durch Kippwinkel definierte Lage durch
25 Veränderung der Kippwinkel, insbesondere des polaren und azimutalen Winkels des reflektierten Strahles, mittels Stellelementen einstellbar ist, wobei der Justageumlenkspiegel im Strahlengang zwischen der Lampe und der Lichtmischeinrichtung angeordnet ist.

30 Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Einstellen der Ausleuchtung eines Bildgebers eines Projektionsapparates und somit zum Regeln der Helligkeit des projizierten Bildes eines Projektionsapparates zum Projizieren des Bildes auf
35 einen Projektionsschirm umfassend einen Bildgeber zum

- Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab, eine Beleuchtungseinheit mit einer Lampe und einer Kondensoroptik und/oder einem Lampenreflektor, vorzugsweise einem fokussierenden Lampenreflektor, zum Beleuchten des Bildgebers, eine ein Projektionsobjektiv umfassende Projektionseinrichtung zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm und eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung,
- weist die Besonderheit auf, daß zum Einstellen der Ausleuchtung des Bildgebers im Beleuchtungspfad des Bildgebers ein einstellbarer Justageumlenkspiegel angeordnet wird, dessen durch Kippwinkel definierte Lage durch Veränderung der Kippwinkel, insbesondere des polaren und azimutalen Winkels des reflektierten Strahles, mittels Stellelementen eingestellt wird, wobei der Justageumlenkspiegel im Strahlengang zwischen der Lampe und der Lichtmischeinrichtung angeordnet wird.
- Im Rahmen der Erfindung hat sich herausgestellt, daß mittels eines solchen Spiegels die Optimierung der Ausleuchtung des Bildgebers in besonders vorteilhafter Weise möglich ist. Mittels der Erfindung ist eine einfache Einstellung und Justage des von der Beleuchtungseinheit auf den Bildgeber gelangenden Lichtstromes möglich, und sie ist die Grundlage für darüber hinaus erzielbare Verbesserungen.
- Nach einem besonders vorteilhaften zusätzlichen Merkmal wird vorgeschlagen, daß der Justageumlenkspiegel zwischen der Kondensoroptik der Beleuchtungseinheit bzw. einem (vorzugsweise fokussierenden) Lampenreflektor und dem Bildgeber angeordnet ist. Dabei kann vorteilhafterweise zusätzlich vorgesehen sein, daß zwischen dem Justageumlenkspiegel und dem Bildgeber weitere Elemente der

Kondensoroptik zum Beleuchten des Bildgebers angeordnet sind.

Die Erfindung richtet sich auf Projektionsapparate, die
5 eine räumliche Lichtmischeinrichtung zum Ausgleichen ört-
licher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung auf-
weisen. Derartige Lichtmischeinrichtungen zur Erzielung
einer homogenen oder homogenisierten Ausleuchtung sind im
Stand der Technik bekannt. Bevorzugt kommt hierbei eine
10 räumliche Lichtmischeinrichtung zum Einsatz, die sich in
Ausbreitungsrichtung des Lichtes erstreckt, insbesondere
ein Lichtmischstab. Lichtmischstäbe sind im Stand der
Technik bekannt. In diesem Zusammenhang wird das Dokument
US 5,625,738 in bezug genommen, wobei sowohl hohle, d.h.
15 auf Oberflächenreflexion beruhende wie auch massive, d.h.
auf interne Totalreflexion beruhende Lichtmischstäbe
verwendet werden können. Bekannte Ausführungsformen
umfassen z.B. Hohlmischstäbe (siehe z.B. US 5,625,738)
und Vollmischstäbe (siehe z.B. DE 10103099 A1).

20 Die auch als Integrationsgrad bezeichnete Homogenisie-
rungswirkung eines Lichtmischstabes hängt bei gegebener
Winkelverteilung der Beleuchtung vom Verhältnis der Länge
zum Querschnitt ab. Je größer dieses Verhältnis ist,
25 desto höher ist der Integrationsgrad. Bei einer Beleuch-
tung mit Blendenzahl f im Bereich 1 bis 1.5 beträgt das
Verhältnis für einem üblichen Lichtmischstab etwa 5 bis
10 bei einer Länge von 50 mm. Ein hochintegrierender
Mischstab hat etwa die doppelte Länge, d.h. ein Verhält-
nis von 10 bis 20. Da sich bei einer Vergrößerung des
30 Verhältnisses die mittlere Zahl der Reflexionen im Inne-
ren des Lichtmischstabes vergrößert, entstehen dabei bei
Verwendung von hohlen Lichtmischstäben mit metallischer
Reflexionschicht höhere Reflexionsverluste und damit eine
35 geringere Lichtausbeute. Aus diesem Grund und wegen des

praktisch zur Verfügung stehenden Platzes für den Einbau des Lichtmischstabes ist daher der in der Praxis erzielbare Integrationsgrad beschränkt.

- 5 Bei einem erfindungsgemäßen Projektionsapparat, der eine Lichtmischeinrichtung aufweist, wird der erfindungsgemäß einstellbare Justageumlenkspiegel im Strahlengang zwischen der Lampe und der Lichtmischeinrichtung angeordnet. Mittels des Justageumlenkspiegels kann dann die Menge des
10 von der Lampe emittierten Lichtes, die auf die Lichteintrittsfläche der Lichtmischeinrichtung eingekoppelt wird, eingestellt werden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung kann darin bestehen, daß
15 der Projektionsapparat einen Beleuchtungssensor zum Ermitteln der Intensität der Beleuchtung des Bildgebers durch die Beleuchtungseinheit umfaßt. Dieser Beleuchtungssensor ist vorzugsweise so angeordnet, daß mit ihm die Beleuchtungslichtstärke unabhängig vom Bildinhalt
20 bestimmt werden kann. Mit den Meßwerten eines solchen Beleuchtungssensor ist es möglich, das projizierte Bild bzw. den Projektionsapparat in einfacher Weise zu justieren und abzugleichen.

- 25 Eine andere vorteilhafte Ausbildung kann darin bestehen, daß die Beleuchtungseinheit in einem Beleuchtungsmodul und die Projektionseinrichtung in einem separaten Projektionsmodul angeordnet sind. Unter einem Modul wird in diesem Zusammenhang ein austauschbares, komplexes Teil
30 des Projektionsapparates verstanden, das eine geschlossene Funktionseinheit bildet. Es umfaßt eine eigenständige mechanische Grundkonstruktion, beispielsweise einen Profilrahmen, gegebenenfalls ein Gehäuse und ist getrennt montierbar und justierbar.

- Die erfindungsgemäße Ausbildung eines Projektionsapparates mit einem Justageumlenkspiegel schafft dabei die Voraussetzung dafür, die Module in für die Praxis besonders vorteilhafter Anordnung auszubilden, wodurch insbesondere die mechanisch-optische Justage des Projektionsmoduls und Servicearbeiten an dem Beleuchtungsmodul unter Beibehaltung einer hohen Lichtausbeute vereinfacht werden.
- 10 Besondere praktische Vorteile der Erfindung ergeben sich daraus, daß der Helligkeitsabgleich in einfacher Weise, schnell und unkompliziert, erforderlichenfalls auch im laufenden Betrieb durchgeführt werden kann. Ferner ist es vorteilhaft, daß in einer weiteren Ausbildung der
- 15 Erfindung keine zusätzlichen Meßgeräte oder Einsätze geschulten Personals erforderlich sind, weil der Abgleich automatisch erfolgen kann. Aus diesem Grund ist auch keine wesentliche Störung oder Unterbrechung des laufenden Betriebes erforderlich, und auch bei der Verwendung von Beleuchtungseinheiten mit einem Doppellampenmodul zur Gewährleistung des unterbrechungsfreien Betriebs im Fall des Ausfalls einer Lampe durch Umschalten auf die zweite Lampe ist der Abgleich sofort möglich.
- 20
- 25 Mit der Erfindung werden somit Ziele erreicht, um die die Fachwelt sich schon lange bemüht hat. Um dabei besonders gute Ergebnisse erzielen zu können, werden bevorzugt die nachfolgenden Maßnahmen einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt.
- 30 Die erfindungsgemäße Anordnung eines Justageumlenkspiegels ist besonders vorteilhaft bei Projektionsapparaten einsetzbar, bei denen der Bildgeber pixelweise steuerbar ist und der Projektionsapparat zur Realisierung der zeitsequentiellen additiven Farbmischung ein zeitlich varia-
- 35

bles Farbfilter - im folgenden dynamisches Farbfilter genannt - zur Erzeugung primärer Farben enthält. Dabei ist der Bildgeber bevorzugt ein Digital-Micromirror-Device (DMD). Eine bevorzugte Ausführungsform eines dynamischen Farbfilters ist ein sich drehendes Farbrad.

Viele kommerziell erhältliche Projektionsapparate, beispielsweise Video-Projektionseinrichtungen, benutzen separate Kanäle für jede der drei Primärfarben. Ein solches System erfordert für jede Primärfarbe einen Bildgeber und optische Strecken, die pixelgenau auf den Schirm konvergieren müssen. Neuartige Projektionsapparate verwenden nur einen Bildgeber auf Basis der zeitsequentiellen additiven Farbmischung, wobei das gesamte Bild in drei einfarbige Teilbilder bezüglich der Grundfarben rot, grün und blau zerlegt wird. Der Bildgeber wird sequentiell mit den Primärfarben beleuchtet. Dabei werden die darzustellenden Bilddaten entsprechend der gerade den Bildgeber erreichen Farbe an den Bildgeber geleitet. Das Auge fügt die farbigen Teilbilder zu einem einzigen Vollfarbenbild zusammen. Das Auge fügt ebenfalls aufeinanderfolgende Videobilder und Videoteilbilder zu einem Vollbewegungsbild zusammen.

Ein solches System erfordert eine Einrichtung zum sequentiellen Beleuchten des Bildgebers mit primären Farben. Die einfachste Einrichtung eines hierzu geeigneten dynamischen Farbilters ist ein sich drehendes Farbrad, das dazu dient, die gerade gewünschte Farbe aus dem weißen Spektrum einer Beleuchtungseinheit auszufiltern.

Derartige Farbräder zum Ändern der Farbe des von der Projektionslampe ausgekoppelten Lichtes werden im allgemeinen aus dichroitischen Filtern hergestellt. Die Filter weisen aber herstellungsbedingt Abweichungen in ihrer

spektralen Filtercharakteristik auf, die sich darin äußern, daß sich die Kantenlagen der Filter unterscheiden. Infolge dessen gibt es Unterschiede in der Wahrnehmung der Grundfarben sowie der Mischfarben.

5

Die derzeit im Zusammenhang mit der zeitsequentiellen Bilderzeugung verwendeten Bildgeber sind sogenannte Digital-Micromirror-Devices, die beispielsweise in dem Patent US 5,079,544 beschrieben sind. Sie umfassen eine Anordnung kleiner bewegbarer Spiegel zum Ablenken eines Lichtstrahls entweder zu der Projektionslinse (ein) oder weg von der Projektionslinse (aus). Durch schnelles Ein- und Ausschalten der von den Spiegeln dargestellten Pixel kann eine Grauskala erzielt werden. Die Verwendung von DMDs zum Digitalisieren von Licht ist auch unter der Bezeichnung DLP (Digital Light Processing) bekannt. Ein DLP-Projektionssystem umfaßt eine Lichtquelle, optische Elemente, Farbfilter, eine digitale Steuerung und Formatierung, ein DMD und eine Projektionslinse.

20

Als Bildgeber bei der zeitsequentiellen additiven Farbmischung wird bevorzugt ein Digital-Micromirror-Device (DMD) verwendet. Es sind aber auch andere, beispielsweise eingangs genannte Bildgeber im Rahmen der Erfindung verwendbar.

Das dynamische Farbfilter zur zeitsequentiellen Erzeugung von Primärfarben ist vorteilhafterweise ein Farbrad. Andere, derzeit oder künftig verfügbare entsprechende Einrichtungen können jedoch im Rahmen der Erfindung ebenfalls verwendet werden.

Insbesondere bei solchen Projektionsapparaten mit einer zeitquentiellen Farbmischung ist es bekannt, räumlichen Lichtmischeinrichtungen in Form eines Lichtmischstabes zu

verwenden. Mit der Erfindung ist es möglich, die Einkopplung von Licht in den Lichtmischstab zu verbessern und dabei die Justage zu erleichtern.

5 Die Erfindung kann aber nicht nur für DLP Bildgeber (1chip), d.h. im Zusammenhang mit einem Farbrad verwendet werden. Auch 3chip (auf Basis LCD oder DMD) Lösungen sind denkbar. Hier würde kein Farbrad verwendet werden. Die Farbaufspaltung erfolgt dann hinter dem Lichtmischstab.

10 Die Erfindung wird nachfolgend anhand in den Figuren dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Darin beschriebene Besonderheiten können einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt werden, um bevorzugte Aus-
15 gestaltungen der Erfindung zu schaffen. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung von Komponenten eines Projektionsapparates nach dem Stand der Technik,

20 Fig. 2 das Justieren des Projektionsapparates von Figur 1,

Fig. 3 die Kondensoroptik und den Lichtmischstab von Figur 1,

Fig. 4 die Lichteintrittsfläche des Lichtmischstabes von Figur 3,

25 Fig. 5 die Helligkeitsverteilung am Ausgang des Lichtmischstabes von Figur 3,

Fig. 6 einen erfindungsgemäßen Justageumlenkspiegel mit Lichtmischstab,

30 Fig. 7 die Lichteintrittsfläche des Lichtmischstabes von Figur 6 ohne Korrektur,

Fig. 8 die Helligkeitsverteilung am Ausgang des Lichtmischstabes gemäß Figur 7,

Fig. 9 die Lichteintrittsfläche des Lichtmischstabes von Figur 6 mit Korrektur,

Fig. 10 die Helligkeitsverteilung am Ausgang des Lichtmischstabes gemäß Figur 9,

5 Fig. 11 einen erfindungsgemäßen Justageumlenkspiegel mit einem Beleuchtungssensor, Stellelementen und einer Regeleinrichtung,

10 Fig. 12 einen erfindungsgemäßen Projektionsapparat mit einem Beleuchtungsmodul und einem Projektionsmodul und

Fig. 13 einen Projektionsapparat mit einem Auskoppel-element.

Die Figur 1 zeigt die optischen Komponenten eines Projektionsapparates 1 nach dem Stand der Technik. Er umfaßt 15 eine Beleuchtungseinheit 2 mit einer Lampe 3 als Lichtquelle, vorzugsweise einer Entladungslampe, und einer Kondensoroptik 4. Im Strahlengang folgt ein dynamisches Farbfilter 5 in Form eines Farbrades 6 und eine räumliche 20 Lichtmischeinrichtung 7 in Form eines sich in Ausbreitungsrichtung des Lichtes erstreckenden Lichtmischstabes 8. Die Lichteintrittsfläche 13 des Lichtmischstabes 8 befindet sich in der oder in unmittelbarer Nähe der Fokalebene der Kondensoroptik 4 bzw. der Fokalebene eines 25 fokussierenden Lampenreflektors. Das an der Lichtaustrittsfläche 14 des Lichtmischstabes 8 austretende Licht wird mittels einer Abbildungsoptik 9, die auch als Relay-Optik bezeichnet wird, auf einen Bildgeber 11 abgebildet.

30 Das von dem Bildgeber 11 erzeugte Bild wird mittels eines Projektionsobjektives 12 einer Projektionseinrichtung 10 vergrößert auf einen nicht dargestellten Projektions-schirm abgebildet, projiziert also das vom Bildgeber 11

in Transmission oder Reflexion erzeugte Bild auf einen nicht dargestellten Projektionsschirm. In einem bevorzugten Anwendungsfall der Erfindung ist der Projektionsapparat 1 ein Rückprojektionsapparat, und das von dem Projektionsobjektiv 12 projizierte Bild ist ein Teilbild einer mehrere Projektionsapparate oder Rückprojektionsapparate enthaltenden Bildwand.

Das projizierte Bild wird mittels des Verfahrens der zeitsequentiellen Mischung aus aufeinanderfolgenden monochromen Teilbildern in den Primärfarben rot, grün und blau aufgebaut. Die Sequenz kann auch ein vierter Teilbild in schwarz/weiß enthalten, daß zur Erhöhung der Bildhelligkeit zugemischt wird. Die Sequenz der Teilbilder folgt in einer ausreichend hohen Geschwindigkeit, so daß das Auge dem Farbwechsel nicht folgen kann und eine physiologische Farbmischung stattfindet.

Das Farbrad 6 dient dazu, aus dem weißen Licht der Lampe 3 die Primärfarben rot, grün und blau zur Ausleuchtung des Bildgebers 11 zu erzeugen. Der Bildgeber 11 ist vorzugsweise ein DMD. Bei entsprechender Synchronisierung kann der Bildgeber 11 die monochromen Teilbilder erzeugen, die von dem Auge des Betrachters des projizierten Bildes zusammengesetzt werden.

Das Licht der Lampe 3 wird mittels der Kondensoroptik 4 auf den Eintritt des Lichtmischstabes 8 fokussiert. Das sich drehende Farbrad 6 weist unterschiedlich farbige Segmente in den Primärfarben auf, die je nach Drehstellung des Farbrades 6 die Spektralanteile der Lampe 3 entsprechend dem gerade im Strahlengang befindlichen Farbfilter transmittieren. Der Lichtmischstab 8 sorgt für eine Homogenisierung der Ausleuchtung, und die Abbildungsoptik 9 bildet die Lichtverteilung am Ausgang des

Lichtmischstabes 8 auf den Bildgeber 11 ab. Das Farbrad 6 ist in der Nähe des Ein- oder des Ausgangs des Lichtmischstabes 8 angeordnet.

- 5 Die Grundhelligkeit des projizierten Bildes, d.h. die Helligkeit eines Bildes bei vollweißem Bildinhalt, hängt von der Leuchtdichte am Ort des Bildgebers 11 ab. Aufgrund der eingangs genannten Probleme ist es daher gewünscht, die Leuchtdichte am Ort des Bildgebers 11 zu optimieren. Zur Einstellung der Helligkeit im praktischen Betrieb können dann Blenden 15 oder andere Methoden eingesetzt werden.

Wie eingangs erläutert muß die Einstellung und Justage der optischen Komponenten in Figur 1 zur Erzielung einer hohen Lichtausbeute und präzisen Abbildung hochgenau sein. In Figur 2 ist dies an einem Projektionsapparat 1 nach dem Stand der Technik veranschaulicht, der in sechs Freiheitsgraden auf einen feststehenden Projektionsschirm 17 justiert werden muß. Er umfaßt eine Beleuchtungseinheit 2 und eine Projektionseinrichtung 10. Die Beleuchtungseinheit 2 enthält eine oder mehrere Lampen, die Lampentreiber sowie ein oder mehrere Netzgeräte. Sie beansprucht den größten Teil der Projektormasse und des Volumens. Die Projektionseinrichtung 10 enthält neben dem Bildgeber 11 und dem Projektionsobjektiv 12 nur wenige optische Elemente und beansprucht nur einen kleineren Teil der Projektormasse und des Volumens.

- 30 Das Massen- bzw. Volumenverhältnis wird künftig durch die Miniaturisierung der Bildgeber 11 noch extremer. Da die für den Dauerbetrieb entwickelten Lampen 3 mit hoher Lebensdauer aufgrund thermischer Randbedingungen nur schwer zu verkleinern sind ist keine wesentliche Miniaturisierung der Beleuchtungseinheit 2 zu erwarten. Der

Trend zur Verwendung von Doppellampenlösungen zur Steigerung der Betriebssicherheit fordert sogar eine Vergrößerung der Beleuchtungseinheiten.

5 Die Beleuchtungseinheit 2 und die Projektionseinrichtung
10 sind nach dem Stand der Technik in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet. Zur Justage wird die gesamte Einheit mittels Justageelementen in sechs Freiheitsgraden ausgerichtet. Das ist sehr aufwendig und muß im Falle einer
10 Servicemaßnahme erneut durchgeführt werden.

Ein weiteres Problem, das nach dem Stand der Technik nur unzureichend gelöst ist, wird anhand der Figuren 3 bis 5 erläutert. Die Figur 3 zeigt eine Beleuchtungseinheit 2 mit einer Lampe 3 und einer Kondensoroptik 4 sowie einen Lichtmischstab 8. Zur Erzielung einer hohen Lichtausbeute ist eine genau Fokussierung auf die Lichteintrittsfläche 14 erforderlich.

20 Die verwendeten Entladungslampen 3 zeigen jedoch typischerweise herstellungsbedingte, betriebsbedingte und alterungsbedingte Schwankungen in der Position des Entladungsbogens 18. In Figur 3 ist zur Veranschaulichung die Lage eines dejustierten Entladungsbogens 18 eingezeichnet.
25

Ohne eine Korrektur der fehlerhaften Lage des Entladungsbogens 18 ergibt sich eine in Figur 4 veranschaulichte verschobene Ausleuchtung an der Lichteintrittsfläche 13 des Lichtmischstabes 8. Infolge dessen wird so einerseits die Einkopplungseffizienz verringert, d.h. es ergibt sich eine verringerte Gesamthelligkeit des Projektionsapparates 1. Andererseits führt die unsymmetrische Beleuchtung der Lichteintrittsfläche 13 zu einer inhomogenen Lichtverteilung an der Lichtaustrittsfläche 14.

Dies ist darin begründet, daß die Lichtdurchmischung infolge der endlichen Länge des Lichtmischstabes 8 stets nur in einem begrenzten Maße erfolgt. Bei gegebener Länge des Lichtmischstabes 8 ist aus Symmetriegründen die 5 höchste Homogenität an der Lichtaustrittsfläche 14 nur bei symmetrischer Ausleuchtung der Lichteintrittsfläche zu erzielen. Zum Erreichen eines hinreichenden Homogenitätsgrades an der Lichtaustrittsfläche 14 würde unter Berücksichtigung einer unsymmetrischen Ausleuchtung der Licht- 10 eintrittsfläche 13 ein weitaus längerer und damit in der Praxis nicht verwendbarer Lichtmischstab benötigt werden als bei symmetrischer Ausleuchtung. Die Helligkeit H auf dem Projektionsschirm 17 kann so räumliche Schwankungen wie beispielsweise Helligkeitsverläufe aufweisen.

15 Die oben erläuterten Nachteile der Einstellung und Korrektur der Helligkeit von Projektionsapparaten nach dem Stand der Technik werden durch die erfindungsgemäße Anordnung eines Justageumlenkspiegels behoben bzw. durch 20 einen solchen Justageumlenkspiegel in weiterer Ausgestaltung ermöglicht. In den Figuren 6 bis 10 ist die Wirkungsweise der Erfindung näher erläutert.

In Figur 6 ist eine Beleuchtungseinheit 2 mit Lampe 3 und 25 Kondensoroptik 4 dargestellt. Ferner ist ein erfindungsgemäßer einstellbarer Justageumlenkspiegel 19 dargestellt. Durch die Verwendung eines Justageumlenkspiegels 19 lassen sich zweierlei Toleranzprobleme gleichzeitig lösen:

- 30
- Eine laterale Abweichung des Entladungsbogens 18 von der optischen Achse 21 ergibt eine unsymmetrische Ausleuchtung an der Lichteintrittsfläche 13 des Lichtmischstabes 8 (Figur 7). Infolge dessen ist mit einer inhomogenen Lichtverteilung an der Lichtaustrittsfläche 35

che 14 (Figur 8) bei verringelter Gesamteffizienz zu rechnen.

Durch die Anpassung des zweidimensionalen Stellwinkels des Justageumlenkspiegels 19 lässt sich die Ausleuchtung der Lichteintrittsfläche 13 des Lichtmischstabes 8 zentrieren (Figur 9). Es ergibt sich so eine erhöhte Kopplungseffizienz und auch eine weitaus homogenere Lichtverteilung an der Lichtaustrittsfläche 14 (Figur 10) des Lichtmischstabes 8.

- Die gleiche Problematik ergibt sich auch wenn der Lichtmischstab 8 gegenüber der optischen Achse 21 verschoben oder verkippt ist. Auch in einem solchen Falle lässt sich die Ausleuchtung der Lichteintrittsfläche 13 durch Anpassung des Justageumlenkspiegels 19 zentrieren und so die Effizienz und Homogenität der Lichtübertragung verbessern. Dies schafft die Grundlage dafür, in weiterer Gestaltung der Erfindung die Beleuchtungseinheit 2 und die Projektionseinrichtung 10 mechanisch voneinander zu trennen.

Die Figur 11 veranschaulicht eine bevorzugte Ausführungsform eines Projektionsapparates 1 mit einem Beleuchtungssensor 16 zum Ermitteln der Intensität der Beleuchtung des Bildgebers 11 durch die Beleuchtungseinheit 2, vorzugsweise unabhängig vom Bildinhalt. Der Beleuchtungssensor 16 befindet sich hinter dem Lichtmischstab 8 und weist die an der Austrittsfläche 14 des Lichtmischstabes 8 austretende Lichtmenge nach. Das Sensorsignal gibt daher Auskunft über die Effizienz, mit der das Licht der Lampe 3 in den Lichtmischstab 8 eingekoppelt wird. Durch eine Auswertung des Sensorsignales mittels einer Datenauswertung 20 lässt sich eine Regelschleife zur Einstellung des zweidimensionalen Winkels des Justageumlenkspiegels 19 realisieren. Der Justageumlenkspiegel 19 wird

dabei durch eine Motorsteuerung 22 und antreibbare Stell-
elemente, z.B. zwei Stellmotoren 23 oder zwei sonstige
Aktuatoren in Abhängigkeit von dem Signal des Beleuch-
tungssensors 16 bezüglich seines Stellwinkels verkippt.

5

Die Justage des Justageumlenkspiegels kann automatisiert
von der Regeleinrichtung durchgeführt werden, um eine
optimale Helligkeit des projizierten Bildes zu erzielen.
Dabei kann beispielsweise eine automatischer Scan der
10 Winkeleinstellungen des Justageumlenkspiegels 19 durchge-
führt werden, um ein Optimum zu ermitteln oder sich die-
sem iterativ zu nähern.

Um dabei die Empfindlichkeit für das Auffinden einer
15 optimalen Einstellung zu verbessern, können nach einem
weiteren vorteilhaften Merkmal ein oder mehrere in den
Strahlengang einführbare Blenden, vorzugsweise zwei quer
zueinander orientierte Schlitzblenden vorgesehen sein.
Die Blenden können dabei im Strahlengang vor oder hinter
20 dem Justageumlenkspiegel 19 angeordnet sein.

Die Figur 12 veranschaulicht eine besonders vorteilhafte
Weiterbildung eines Projektionsapparates 1, bei dem die
Beleuchtungseinheit 2 in einem Beleuchtungsmodul 24 und
25 die Projektionseinrichtung in einem separaten Projek-
tionsmodul 25 angeordnet sind. Dabei sind vorteilhafter-
weise der Bildgeber 11 und das Projektionsobjektiv 12 in
dem Projektionsmodul 25 angeordnet, wogegen der Justa-
geumlenkspiegel 19 und die Kondensoroptik 4 der Beleuch-
30 tungseinheit 2 in dem Beleuchtungsmodul 24 angeordnet
sind. Falls weitere Kondensorlinsen vorgesehen sind, wer-
den diese bevorzugt in dem Projektionsmodul 25 angeord-
net.

Insbesondere kann vorgesehen sein, daß das Beleuchtungsmodul 24 zwei oder mehrere Lampen zum Aufrechterhalten des laufenden Betriebes im Fall eines Lampendefekts beinhaltet, daß das Beleuchtungsmodul 24 einen für die Spannungsversorgung der Lampe 3 erforderlichen elektronischen Lampentreiber und ein Netzgerät beinhaltet, daß das Beleuchtungsmodul 24 ein größeres Volumen als das Projektionsmodul 25 hat oder daß das Beleuchtungsmodul 24 eine größere Masse als das Projektionsmodul 25 hat.

10

Ein derartiger, getrennte Module 24, 25 aufweisender Projektionsapparat 1 ist besonders einfach justierbar, wie weiter oben erläutert wurde. Vorteilhafterweise ist hierzu vorgesehen, daß er Justagemittel zum Fein-Justieren des projizierten Bildes umfaßt, mittels der die Lage des Projektionsmoduls 25 in dem Projektionsapparat 1 einstellbar ist, und daß das Beleuchtungsmodul 24 eine feste Position in dem Projektionsapparat 1 hat oder daß es Justagemittel zum Grob-Justieren der Lage des Beleuchtungsmoduls 25 in dem Projektionsapparat 1 umfaßt.

Der Verwendung des einstellbaren Justageumlenkspiegels 19 erlaubt die mechanische Trennung von Beleuchtungseinheit 2 und Projektionseinrichtung 10 in getrennte Module 24, 25. Das massive Beleuchtungsmodul 24 kann bei der Installation eines Projektionsapparates, beispielsweise in einem Modul einer Bildwand, an einer fixierten Position verbleiben, während das kleinere Projektionsmodul 25 in den sechs Freiheitsgraden gegenüber dem fixierten Projektionsschirm 17 justiert wird.

Dies hat folgende Vorteile:

- Aufgrund der geringeren zu justierenden Masse kann die Justagemechanik weitaus weniger massiv und weniger aufwendig, d.h. kostengünstiger ausgelegt werden.

- Die Justage ist für das mit der Installation beauftragte Personal vereinfacht.
 - Die meisten service-relevanten Baugruppen können in dem fixierten Beleuchtungsmodul 24 untergebracht sein.
- 5 Eine Dejustage des Projektionsmoduls 25 und die erforderliche Neujustage werden somit im Servicefall weit-aus weniger wahrscheinlich.
- Die Modularität von Beleuchtungsmodul 24 und Projektionsmodul 25 ermöglicht ferner beispielsweise einen
- 10 Kompletttausch der Beleuchtungsmoduls 24 bei justiert verbleibender Projektionseinrichtung 10 in dem Projektionsmodul 25, so daß nach dem Durchführen einer Servicemaßnahme an dem Beleuchtungsmodul 24 das Beleuchtungsmodul 24 oder ein ausgetauschtes Beleuchtungsmodul in den Projektionsapparat 1 einsetzbar und
- 15 das projizierte Bild abgleichbar ist, ohne daß dabei eine Justage des Projektionsmoduls 25 erforderlich ist.
- 20 Die Figur 13 veranschaulicht eine weitere vorteilhafte Ausführungsform eines Projektionsapparates 1, bei dem zwischen dem Justageumlenkspiegel 19 und dem Bildgeber 11 ein weiterer Beleuchtungskondensor zum Beleuchten des Bildgebers 11 angeordnet sein kann und der eine räumliche
- 25 Lichtmischeinrichtung 7 in Form eines Lichtmischstabes 8 zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung aufweist.
- Der Justageumlenkspiegel 19 ist zwischen dem Kondensor 4
- 30 der Beleuchtungseinheit 2 und der Lichteintrittsfläche 13 der räumlichen Lichtmischeinrichtung 7 angeordnet. Der Projektionsapparat 1 weist ferner ein optisches Auskoppelement 26 zum Auskoppeln eines Teils des von der Beleuchtungseinheit 2 zur Beleuchtung des Bildgebers 11 erzeugten Lichtstromes auf, das im Beleuchtungspfad zwi-
- 35

schen der Beleuchtungseinheit 2 und dem Bildgeber 11 angeordnet ist und das Licht aus dem Strahlengang auf dem Weg von der Beleuchtungseinheit 2 zum Bildgeber 11 auskoppelt. Vorzugsweise ist das Auskoppelement 26 zwischen der Lichtaustrittsfläche 14 des Lichtmischstabes 8 und dem Bildgeber 11 angeordnet. Eine bevorzugte Ausführungsform eines Auskoppelementes 26 ist ein teil-durchlässiger Spiegel 27.

Mittels des teildurchlässigen Spiegels 27 wird das Licht für den Beleuchtungssensor 16 (vergleiche Figur 11) ausgekoppelt. Dabei kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, daß der Beleuchtungssensor 16 in einer optischen Ebene 28 angeordnet ist, die zu der Ausleuchtungsebene 29 des Bildgebers 11 korrespondiert, daß die korrespondierenden Ebenen 28, 29 ein Abbild des Ausgangs der räumlichen Lichtmischeinrichtung 7 enthalten und daß der Projektionsapparat 1 eine Sensoroptik 30 umfaßt, mittels der auf dem Beleuchtungssensor 16 ein verkleinertes Abbild des Ausleuchtungsmusters des Bildgebers 11 erzeugt wird

Die Erfindung weist u.a. folgende Vorteile auf. Durch die Verwendung des Justageumlenkspiegels 19

- läßt sich die Lichtausbeute bei den derzeit gegebenen Lampentoleranzen maximieren. Die Schwankung der Lichtausbeute zwischen einzelnen Projektionsapparaten läßt sich minimieren. Dies führt effektiv zu einer erhöhten Gesamtausbeute in einer Bildwand.
- wird der Lichtstrahl relativ zum Lichtmischstab 8 zentriert, was zu einer erhöhten Homogenität der Bildausleuchtung führt.
- lassen sich auch bei kürzeren Lichtmischstäben 8 ausreichende Homogenitäten der Ausleuchtung erzielen.

- kann auf eine Selektion der verwendeten Lampen 3 verzichtet werden.
- ist es möglich, die Projektionseinrichtung 10 und die Beleuchtungseinheit 2 mechanisch in separate Gehäuse bzw. Module 24, 25 zu entkoppeln, wobei das massive Beleuchtungsmodul 24 mit der Beleuchtungseinheit 2 unbestimmt, fixiert und ortsfest verbleibt und die Justage gegenüber einem feststehenden Projektions-
- 5 schirm 17 ausschließlich durch das kleinere Projektionsmodul 25 erfolgt. Die Justagemechanik kann bei gleicher Präzision weitaus weniger massiv und weniger aufwendig gestaltet werden. Da die servicerelevanten Komponenten, wie beispielsweise Lampe, Lampentreiber und Netzgerät in dem Beleuchtungsmodul 24 enthalten
- 10 sind, entfällt in der Regel nach einer ausgeführten Wartungsarbeit die Neujustage des Projektionsappa-
- 15 tes.

SEC 108/0A/WO

Bezugszeichenliste

- 5 1 Projektionsapparat
- 2 Beleuchtungseinheit
- 3 Lampe
- 4 Kondensoroptik
- 5 Dynamisches Farbfilter
- 10 6 Farbrad
- 7 Räumliche Lichtmischeinrichtung
- 8 Lichtmischstab
- 9 Abbildungsoptik
- 10 Projektionseinrichtung
- 15 11 Bildgeber
- 12 Projektionsobjektiv
- 13 Lichteintrittsfläche zu 8
- 14 Lichtaustrittsfläche zu 8
- 15 Blende
- 20 16 Beleuchtungssensor
- 17 Projektionsschirm
- 18 Entladungsbogen
- 19 Justageumlenkspiegel
- 20 Datenauswertung
- 25 21 Optische Achse
- 22 Motorsteuerung
- 23 Stellmotor
- 24 Beleuchtungsmodul
- 25 Projektionsmodul
- 30 26 Auskoppelement
- 27 Teildurchlässiger Spiegel
- 28 Ebene zu 16
- 29 Ebene zu 11
- 30 Sensoroptik
- 35 H Bildhelligkeit

SEC 108/0A/WO

Ansprüche

5

1. Projektionsapparat (1) zum Projizieren eines Bildes auf einen Projektionsschirm (17), umfassend einen Bildgeber (11) zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab,
10 eine Beleuchtungseinheit (2) mit einer Lampe (3) und einer Kondensoroptik (4) und/oder einem Lampenreflektor, vorzugsweise einem fokussierenden Lampenreflektor, zum Beleuchten des Bildgebers (11),
15 eine ein Projektionsobjektiv (12) umfassende Projektionseinrichtung (10) zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber (11) dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm (17), und
20 eine räumliche Lichtmischeinrichtung (7) zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung,
dadurch gekennzeichnet; daß
25 er einen im Beleuchtungspfad des Bildgebers (11) angeordneten einstellbaren Justageumlenkspiegel (19) zum Einstellen der Ausleuchtung des Bildgebers (11) umfaßt, dessen durch Kippwinkel definierte Lage durch Veränderung der Kippwinkel, insbesondere des polaren und azimutalen Winkels des reflektierten Strahles, mittels Stellelementen einstellbar ist, wobei
30 der Justageumlenkspiegel (19) im Strahlengang zwischen der Lampe (3) und der Lichtmischeinrichtung (7) angeordnet ist.

2. Projektionsapparat (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Justageumlenkspiegel (19) zwischen der Kondensoroptik (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. einem Lampenreflektor und dem Bildgeber (11) angeordnet ist.
5
3. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Justageumlenkspiegel (19) und dem Bildgeber (11) weitere Kondensorlinsen zum Beleuchten des Bildgebers (11) angeordnet sind.
10
4. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichteintrittsfläche (13) der räumlichen Lichtmischeinrichtung (7) in der oder in unmittelbarer Nähe der Fokalebene des Kondensors (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. eines Lampenreflektors angeordnet ist.
15
- 20 5. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die räumliche Lichtmischeinrichtung (7) eine sich in Ausbreitungsrichtung des Lichtes erstreckende Vorrichtung, insbesondere ein Lichtmischstab (8) ist.
- 25 6. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Justageumlenkspiegel (19) zwischen dem Kondensor (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. einem Lampenreflektor und der Lichteintrittsfläche (13) der räumlichen Lichtmischeinrichtung (7) angeordnet ist.
30
7. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er einen Beleuchtungssensor (16) zum Ermitteln der Intensität
35

der Beleuchtung des Bildgebers (11) durch die Beleuchtungseinheit (2) umfaßt.

8. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß er ein optisches Auskoppelement (26) zum Auskoppeln eines Teils des von der Beleuchtungseinheit (2) zur Beleuchtung des Bildgebers (11) erzeugten Lichtstromes umfaßt, das im Beleuchtungspfad zwischen der Beleuchtungseinheit (2) und dem Bildgeber (11) angeordnet ist und das Licht aus dem Strahlengang auf dem Weg von der Beleuchtungseinheit (2) zum Bildgeber (11) auskoppelt.
9. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Auskoppellement (26) zwischen dem Ausgang der räumlichen Lichtmischeinrichtung (7) und dem Bildgeber (11) angeordnet ist.
10. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Auskoppelement (26) ein teildurchlässiger Spiegel (27) ist.
11. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß er antreibbare Stell-elemente (23) zum Einstellen der Lage des Justageumlenkspiegels (19) und eine Regeleinrichtung umfaßt, mittels der die Lage des Justageumlenkspiegels (19) in Abhängigkeit von dem Signal des Beleuchtungssensors (16) justierbar ist.
12. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Justage des

Justageumlenkspiegels (19) automatisiert von der Regeleinrichtung durchgeführt wird.

13. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er ein oder mehrere in den Strahlengang einführbare Blenden, vorzugsweise zwei quer zueinander orientierte Schlitzblenden, zum Einstellen des Justageumlenkspiegels (19) umfaßt.
10
14. Projektionsapparat (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinheit (2) in einem Beleuchtungsmodul (24) und die Projektionseinrichtung (10) in einem separaten Projektionsmodul (25) angeordnet sind.
15
15. Projektionsapparat nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildgeber (11) und das Projektionsobjektiv (12) in dem Projektionsmodul 20 (25) angeordnet sind.
16. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Justageumlenkspiegel (19) und die Kondensoroptik (4) der Beleuchtungseinheit (2) bzw. der Lampenreflektor in 25 dem Beleuchtungsmodul (24) angeordnet sind.
17. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 16 und nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Kondensorlinsen in dem Projektionsmodul 30 (25) angeordnet sind.
18. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Beleuchtungsmodul (24) zwei oder mehrere Lampen beinhaltet.
35

19. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Beleuchtungsmodul (24) einen für den Betrieb der Lampe (3) erforderlichen elektronischen Lampentreiber und ein Netzgerät beinhaltet.
5
20. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Beleuchtungsmodul (24) ein größeres Volumen als das Projektionsmodul (25) hat.
10
21. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Beleuchtungsmodul (24) eine größere Masse als das Projektionsmodul (25) hat.
15
22. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß er Justagemittel zum Fein-Justieren des projizierten Bildes umfaßt, mittels der die Lage des Projektionsmoduls (25) in dem Projektionsapparat (1) einstellbar ist.
20
23. Projektionsapparat (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Beleuchtungsmodul (24) eine feste Position in dem Projektionsapparat (1) hat oder daß es Justagemittel zum Grob-Justieren der Lage des Beleuchtungsmoduls (24) in dem Projektionsapparat (1) umfaßt.
25
24. Projektionsapparat (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Durchführen einer Servicemaßnahme an dem Beleuchtungsmodul (24) das Beleuchtungsmodul (24) oder ein ausgetauschtes Beleuchtungsmodul in den Projektionsapparat (1)
30
35

einsetzbar ist, ohne daß dabei eine Justage des Projektionsmoduls (25) erforderlich ist.

25. Projektionsapparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er als Rückprojektionsapparat ausgebildet ist.
26. Bildwand, enthaltend mehrere Projektionsapparate (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
- 10 27. Verfahren zum Einstellen der Ausleuchtung eines Bildgebers (11) eines Projektionsapparates (1) zum Projektieren eines Bildes auf einen Projektionsschirm (17), umfassend
15 einen Bildgeber (11) zum Darstellen des Bildes in einem verkleinerten Maßstab,
eine Beleuchtungseinheit (2) mit einer Lampe (3) und einem Kondensor (4) und/oder einem Lampenreflektor, vorzugsweise einem fokussierenden Lampenreflektor, 20 zum Beleuchten des Bildgebers (11), und
eine ein Projektionsobjektiv (12) umfassende Projektionseinrichtung (10) zum vergrößerten Abbilden des von dem Bildgeber (11) dargestellten Bildes auf den Projektionsschirm (17), und
25 eine räumliche Lichtmischeinrichtung (7) zum Ausgleichen örtlicher Unterschiede in der Helligkeitsverteilung,
dadurch gekennzeichnet, daß
zum Einstellen der Ausleuchtung des Bildgebers (11)
30 im Beleuchtungspfad des Bildgebers (11) ein einstellbarer Justageumlenkspiegel (19) angeordnet wird, dessen durch Kippwinkel definierte Lage durch Veränderung der Kippwinkel, insbesondere des polaren und

5

azimutalen Winkels des reflektierten Strahles, mittels Stellelementen eingestellt wird, wobei der Justageumlenkspiegel (19) im Strahlengang zwischen der Lampe (3) und der Lichtmischeinrichtung (7) angeordnet wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Merkmal eines Projektionsapparates (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 25 umfaßt.

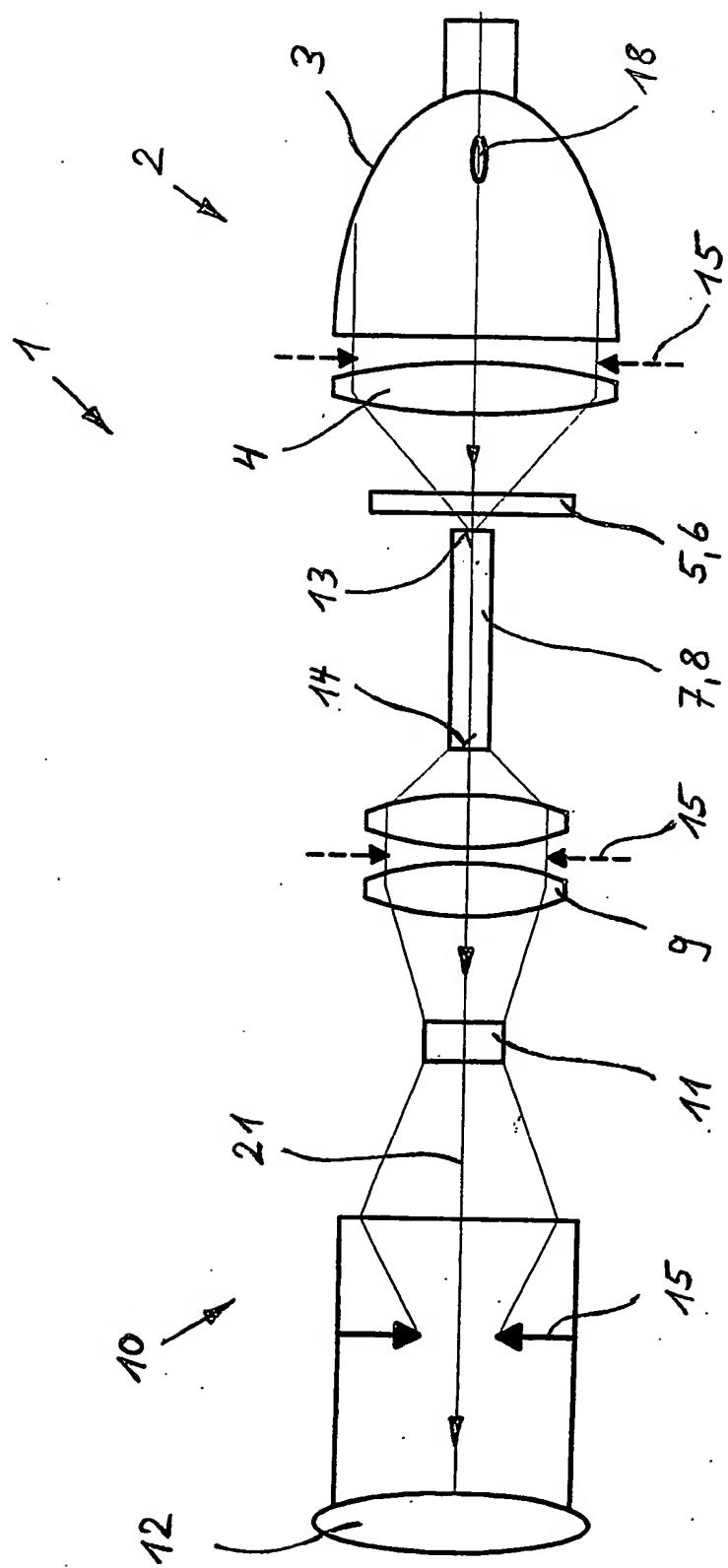


Fig. 1 (Stand der Technik)

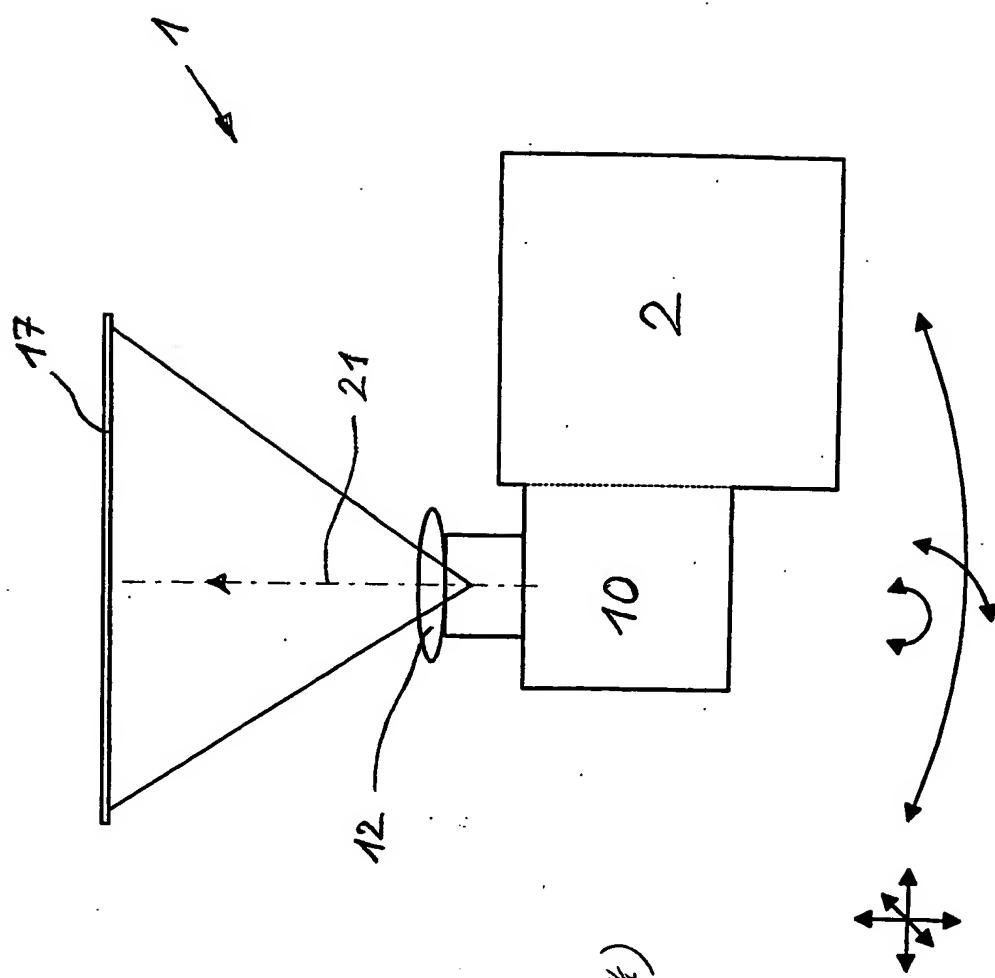


Fig. 2
(Stand der Technik)

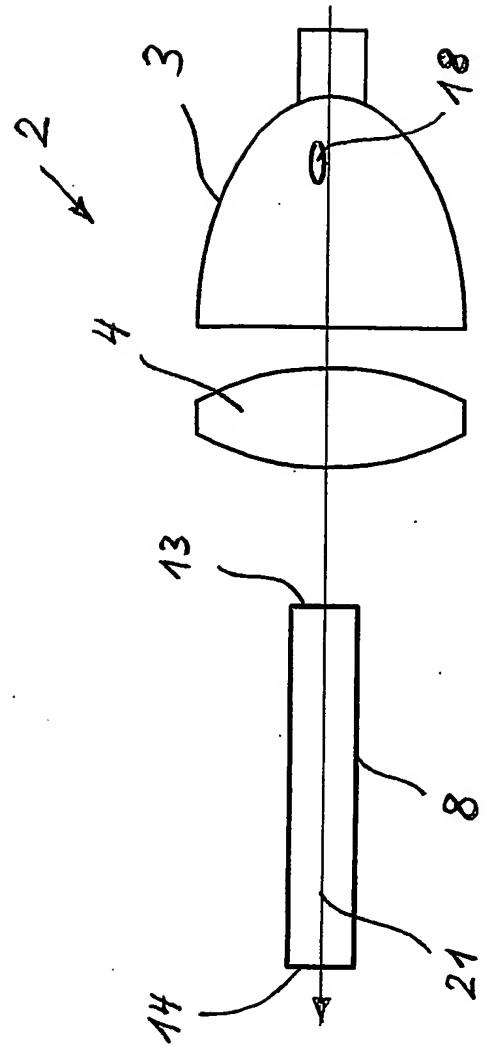


Fig. 3
(Standard der Technik)

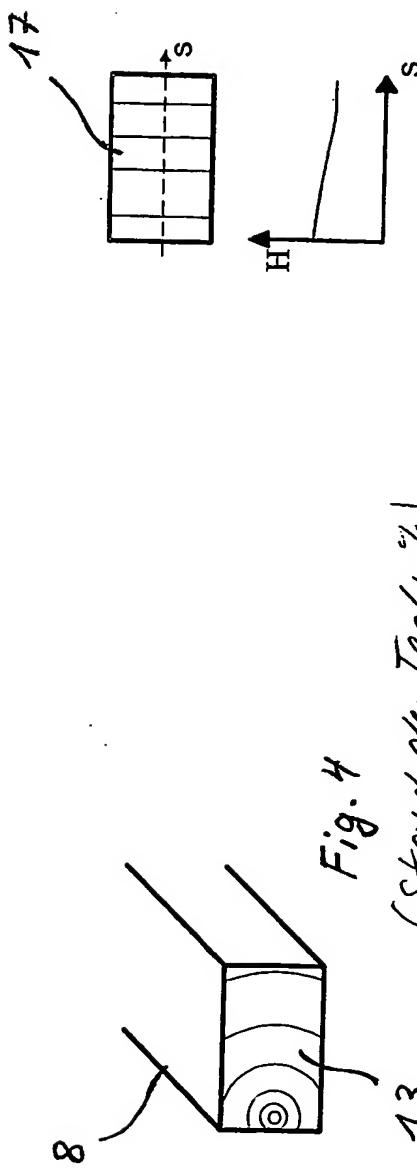


Fig. 4
(Standard der Technik)

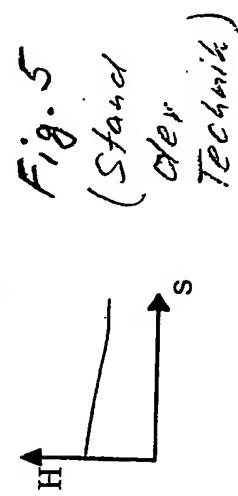
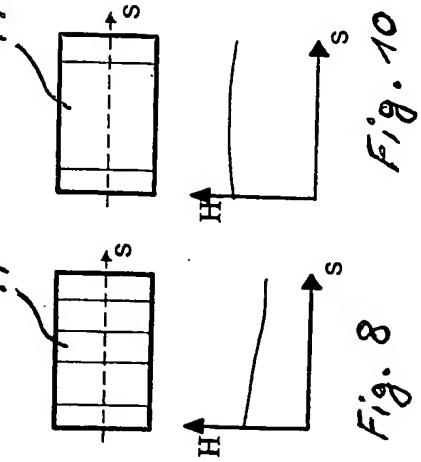
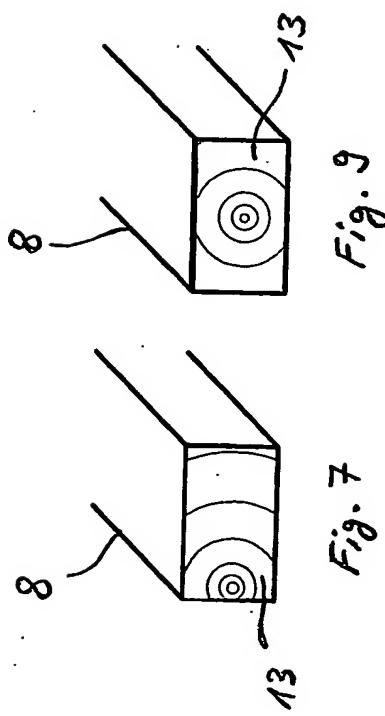
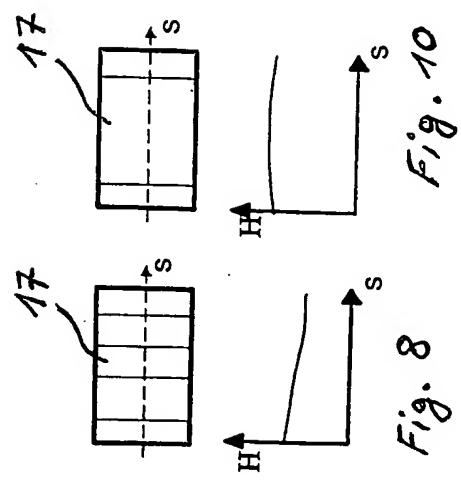
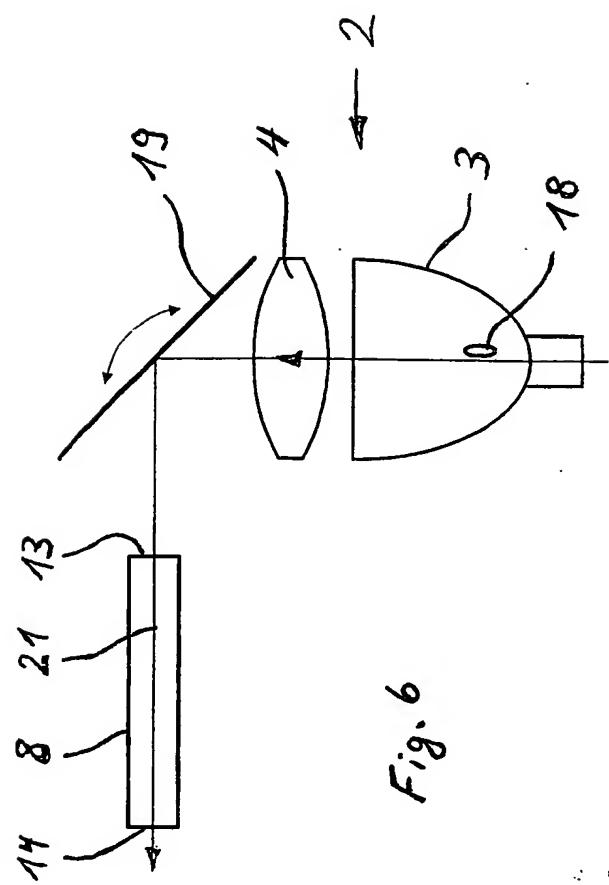


Fig. 5
(Standard
der
Technik)



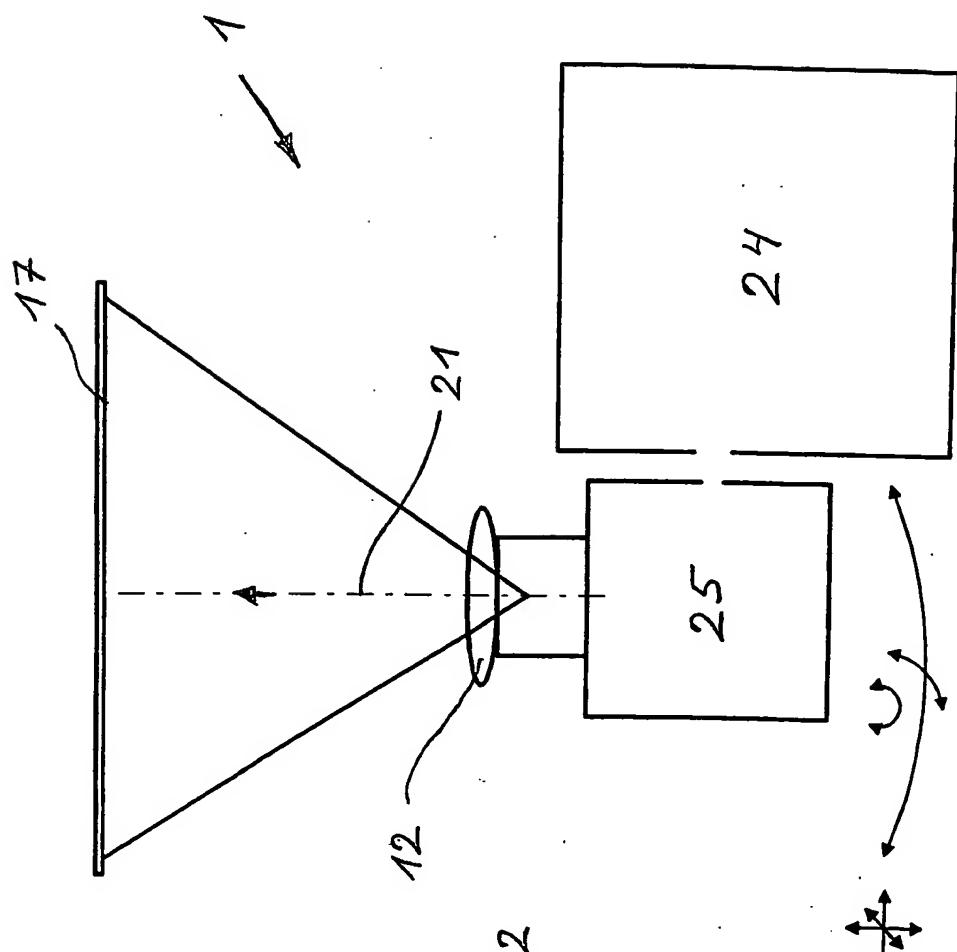


Fig. 12

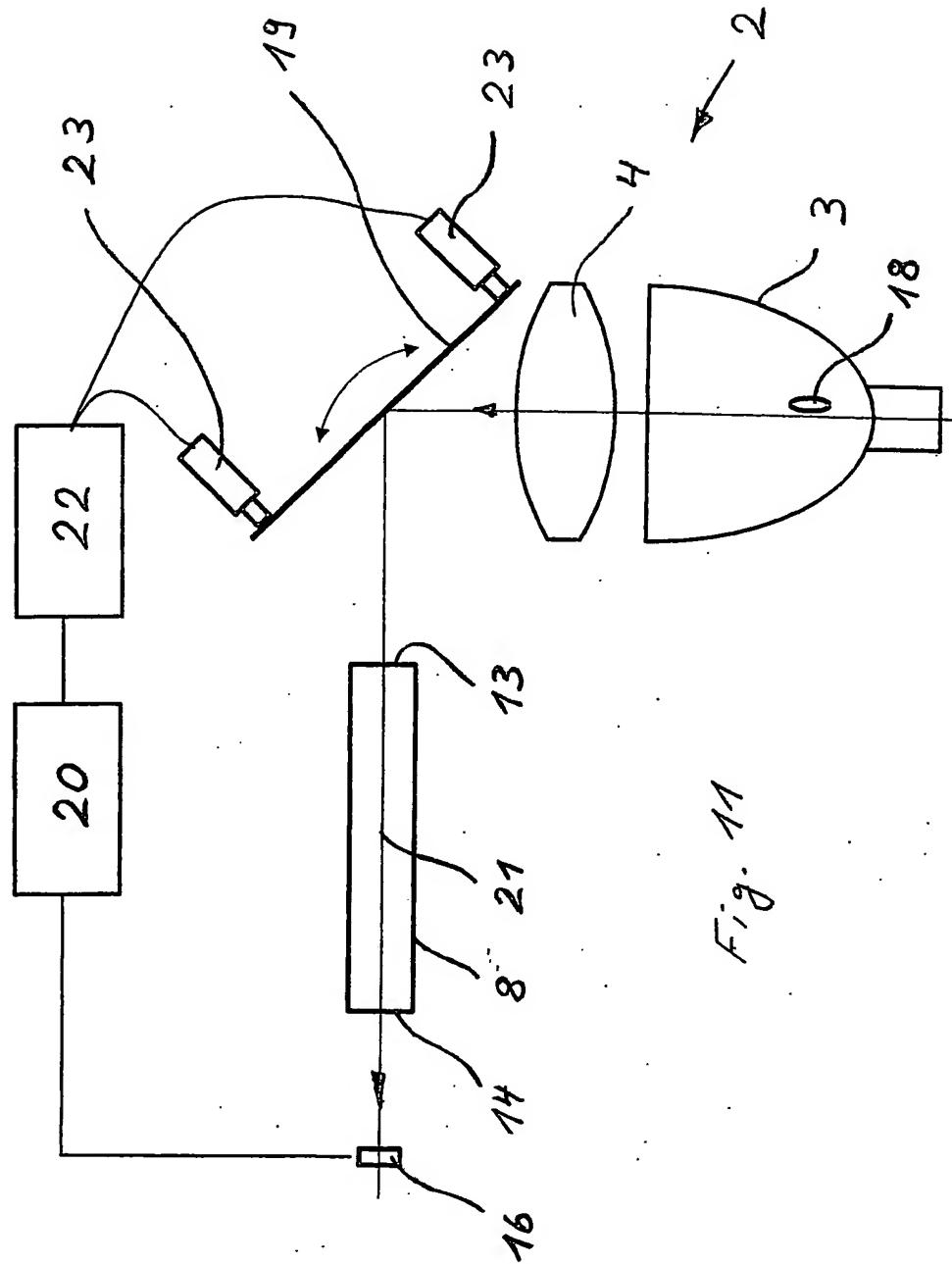


Fig. 11

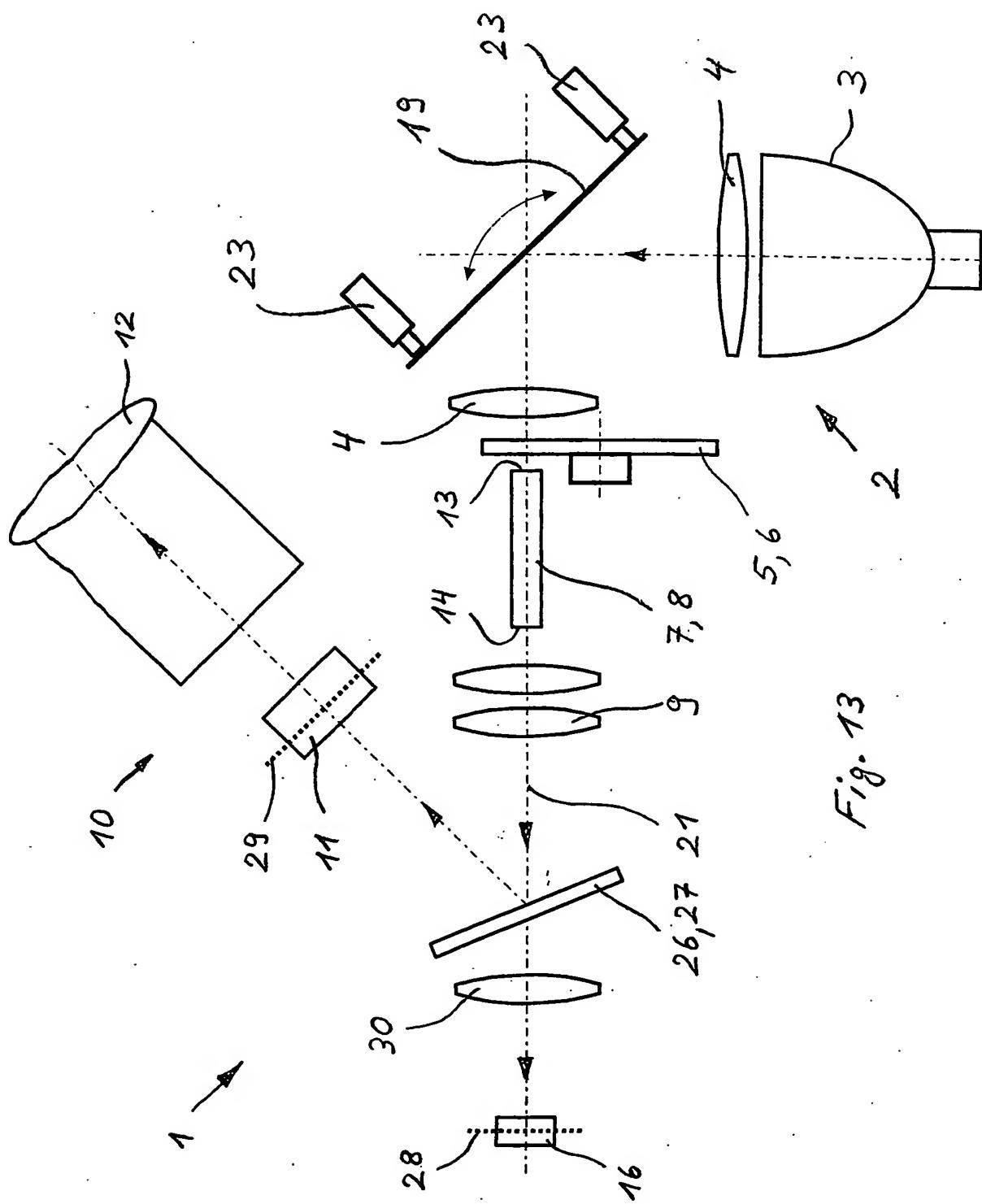


Fig. 13